

廃石膏ボード粉から再生された石膏の形態の違いが 石膏混合土の強度、変形特性に及ぼす影響

大分工業高等専門学校 学生会員 ○岡野寛雄 大分工業高等専門学校 正会員 佐野博昭
 (株)大総 非会員 吉武 篤 (株)大総 非会員 渡邊洋三
 福井工業高等専門学校 正会員 山田幹雄 大分工業高等専門学校 非会員 三浦 望

1. はじめに 石膏ボードとは、石膏を芯材としその両面を厚紙で被覆成型した建築用内装材料のことであり、耐火性、遮音性、施工性がよく、安価であることなどから我が国における生産販売量は年々増加している。しかしながら、その一方で建築物の解体時に発生する廃石膏ボードの排出量も今後急増するとの推計が報告されていることから¹⁾、廃石膏ボードのリサイクル技術の開発が急務となっており、石膏を一度に大量に消費することができる地盤改良材としての利用が注目されている。

著者らは、廃石膏ボード粉から再生された二水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) を加熱処理 (130～150℃) して得られた半水石膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) の地盤改良材としての適用性を検討するために一軸圧縮試験を行い、その性能を確認した²⁾。これは、半水石膏に加水すると二水石膏に変化し、その際に短時間で硬化する性質によって改良材としての効果が発揮されることによるものと考えられる。しかしながら、半水石膏の添加混合によって養生日数の経過にともなう強度の発現が認められたことより、土中において二水石膏が関与した反応生成物、例えばエトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) などが生成されている可能性があり、二水石膏についても地盤改良材として適用できる可能性が十分に高いものと推察される。

そこで、本研究では、廃石膏ボードを粉砕して得られた再生石膏の形態の違い (二水石膏、半水石膏) が石膏混合土の強度、変形特性に及ぼす影響を調べるために一軸圧縮試験を行ってみることにした。

表-1 再生石膏の基本的性状

2. 再生石膏の基本的性状 石膏としては、大分市内の産業廃棄物中間処理施設から排出される廃石膏ボード粉 (再生二水石膏) と廃石膏ボード粉を加熱処理して得られた再生半水石膏を用いるものとした。

表-1 は、試験に用いた再生石膏の基本的性状を示す。表より、水分、密度、pH は試験方法の違いによって異なっており、石膏を地盤工学的材料として利用するために基本的性状を求める際には準拠する試験方法によって結果が異なることに注意を要する²⁾。

3. 再生石膏混合土の強度特性、変形特性 試料土としては、大分市吉野原地区より採取した粘土 (以下、吉野原粘土と称する) を用いるものとした (土粒子の密度 2.67g/cm^3 、液性限界 53.5%、塑性限界 25.8%、塑性指数 27.7)。供試体の作製に当たっては、「セメント系固化材による安定処理土の試験方法」に準じて行うものとした。具体的には、まず、空気乾燥させた吉野原粘土と所定量の高炉セメント B 種、再生石膏とをポリエチレン製の容器の中に入れ、2 分間上下左右に十分に振とうさせた。次に、吉野原粘土の設定含水比が 30% となるようにイオン交換水を加えて混合した試料土に対して 1.5kg ランマ

石 膏 の 種 類		再生二水石膏	再生半水石膏
物 理 的 性 質			
水分*	45℃乾燥* (%)	0.1	0.0
	110℃乾燥** (%)	20.4	4.8
密度***	自然状態 (g/cm^3)	2.35	2.66
	45℃乾燥* (g/cm^3)	2.35	2.66
	110℃乾燥** (g/cm^3)	2.63	2.65
土粒子の密度** (g/cm^3)		3.02	—
液性限界 (%)		NP	—
塑性限界 (%)		NP	—
塑性指数		NP	—
砂 分 (%)		99.5	100.0
シルト分 (%)		0.5	0.0
粘土分 (%)		0.0	0.0
均等係数		3.19	2.78
曲率係数		0.96	1.00
化 学 的 性 質			
pH (H_2O) *		7.0	6.8
pH (KCL) *		7.2	7.1
pH (H_2O) **		7.9	—
pH (KCL) **		7.7	8.2
電気伝導率** (mS/m)		202	—
強熱減量 (%)		3.4	2.0
力 学 的 性 質			
最適含水比 (%)		60.3	—
最大乾燥密度 (g/cm^3)		0.98	—

* 「セッコウの化学分析法 (JIS R 9101)」

** 「土質試験」

*** 「セメントの物理試験方法 (JIS R 5201)」

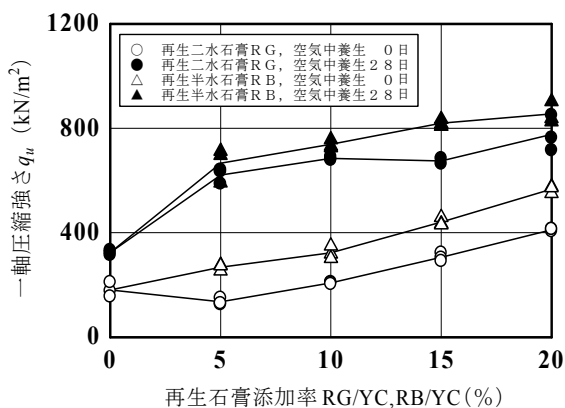


図-1 再生石膏添加率と一軸圧縮強さとの関係

一により落下高さ 20cm で 1 層目 10 回, 2, 3 層目 20 回, 4 層目 40 回で突き固め, 直径 5cm, 高さ 10cm の円柱供試体を作製した. 供試体作製後, 室温 20℃ の恒温室内で 28 日間養生した後, ひずみ速度 1%/min の条件下で一軸圧縮試験を行った. なお, 一軸圧縮試験は, 同一条件の供試体 3 本に対して行うものとした.

図-1 は, 高炉セメント B 種を 5% 添加した場合の再生石膏添加率 RG/YC, RB/YC と一軸圧縮強さ q_u との関係を示す. 図より, 空气中養生 0 日に着目すると, q_u は RG/YC, RB/YC の増加にともなってほぼ直線的に増加しており, 再生半水石膏は二水石膏の 1.5~2.0 倍の q_u となっている. 一方, 養生 28 日では RG/YC, RB/YC が 0% から 5% で q_u が増加しているが, その後の RG/YC, RB/YC の増加にともなう q_u の増加は僅かとなっている. なお, 石膏の形態の違いによる q_u の差は僅かであった.

図-2 は, 破壊ひずみ $(\varepsilon_a)_f$, 図-3 は, 変形係数 E_{50} と再生石膏添加率との関係を示す. RG/YC, RB/YC が増加すると $(\varepsilon_a)_f$ は減少し, E_{50} は増加しているが, その傾向は石膏の形態によって異なっていることがわかる.

図-4 は, 一軸圧縮強さ q_u と変形係数 E_{50} との関係を示す. 両者の間には空气中養生日数によって次式 (1), (2) に示すような関係が認められる.

$$\text{空气中養生 0 日: } E_{50} = 225q_u - 40978 (r = 0.943) \quad (1)$$

$$\text{空气中養生 28 日: } E_{50} = 762q_u - 28279 (r = 0.915) \quad (2)$$

4. まとめ 本研究では, 再生石膏の形態の違いが石膏混合土の強度, 変形特性に及ぼす影響を調べるために一軸圧縮試験を行った結果, 供試体作製直後は再生半水石膏を用いた方が大きな強度を示したが, 養生 28 日では二水石膏混合土の強度は半水石膏混合土のそれとほぼ同程度となることが明らかとなった.

謝辞: 本研究の一部は, 平成 20 年度大分県循環型環境産業創出事業費の補助を受けて行われた. ここに, 記して謝意を表する.

【参考文献】 1) (社) 石膏ボード工業会: 廃石膏ボード排出量の推計, http://www.gypsumboard-a.or.jp/haishutsuryou_suikei.shtml
2) 岡野寛雄, 佐野博昭, 吉武 篤, 渡邊洋三, 山田幹雄: 廃石膏ボード粉から再生された石膏の地盤改良材としての適用性について, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, III-236, pp.471-472, 2009.9.

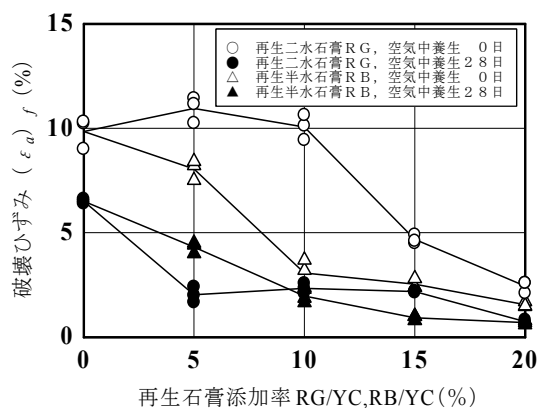


図-2 再生石膏添加率と破壊ひずみとの関係

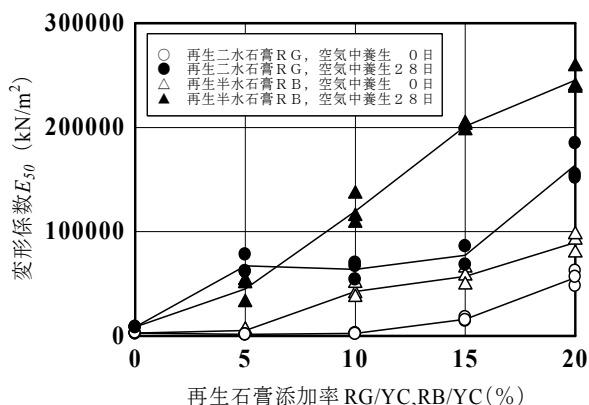


図-3 再生石膏添加率と変形係数との関係

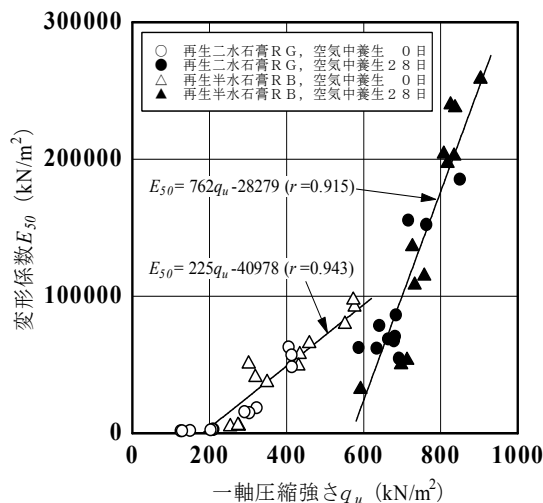


図-4 一軸圧縮強さと変形係数との関係